



El gel que da de beber a las plantas

Grecia Daniela Ortiz-Hernández^{1*}
Susana González-Morales²
Jesús Alejandro Claudio-Rizo³

¹ Doctorado en Agricultura Protegida. Subdirección de Postgrado. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila de Zaragoza, México. C.P. 25350.

² SECIHTI-Departamento de Horticultura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila de Zaragoza, México. C.P. 25350.

³ Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Coahuila, Saltillo, Coahuila de Zaragoza, México. C.P. 25280.

*Autor para correspondencia: grecia.ortiz99@gmail.com

Los hidrogeles son materiales capaces de retener hasta mil veces su peso en agua, funcionando como pequeñas esponjas que almacenan y liberan líquido de forma gradual para las plantas. Estos polímeros, de origen sintético o natural, ayudan a reducir el impacto de la sequía, mejorar la eficiencia en el uso del agua y mantener la salud del suelo. Su desarrollo y aplicación representan una herramienta innovadora y sostenible para enfrentar los retos de la agricultura.



Introducción

La escasez de agua es un desafío global crítico que domina los titulares de los medios de comunicación. Debido a que la agricultura consume el 70 % del agua dulce del planeta, y gran parte de esta se pierde por la baja eficiencia de los agroecosistemas, optimizar su uso es prioritario. Ante este reto han surgido diversas estrategias innovadoras,

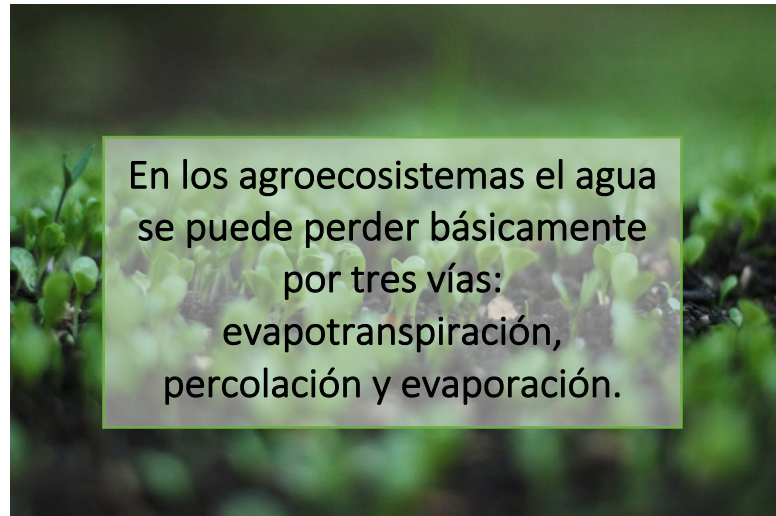
destacando el uso de hidrogeles. Estos materiales funcionan como reservorios de agua, reteniendo la humedad en el suelo y permitiendo que las plantas permanezcan hidratadas por periodos más prolongados.



Desarrollo

¿Por qué se pierde el agua en la agricultura?

En los agroecosistemas el agua se puede perder básicamente por tres vías: evapotranspiración, percolación, y evaporación (Figura 1). La evapotranspiración consiste en la pérdida de agua en forma de vapor, impulsada por la diferencia en el potencial hídrico entre el suelo, la planta y la atmósfera (Figura 1a). El agua siempre se desplaza desde donde hay mayor disponibilidad hacia donde hay menor, de modo que la atmósfera actúa como una bomba que “succiona” la humedad que hay en el suelo a través de la planta, hasta liberarla en forma de vapor. Esta pérdida es un proceso natural: constituye un mecanismo de las plantas para regular su temperatura, muy parecido al sudor en los seres humanos.



La segunda vía, la percolación es más sencilla de entender: corresponde a la pérdida de agua a través del suelo (Figura 1b). Este, al ser un material poroso, puede retener una cantidad limitada de agua según sus propiedades. Podemos imaginarlo como un contenedor: algunos, dependiendo de su forma y tamaño, pueden almacenar más agua que otros, pero todos tienen un límite. Cuando este límite se rebasa, el exceso de agua se pierde. Así, cuando no se calcula cuánta agua requiere un cultivo ni cuánta agua puede almacenar el “contenedor suelo”, se puede perder más del 50% del agua aplicada en el riego.

En el tercer caso, la evaporación es un fenómeno con el que estamos más familiarizados: el agua se pierde al transformarse en vapor debido al aumento de la temperatura (Figura 1c).



Esto ocurre de manera evidente cuando se riega por gravedad o aspersión, dejando el agua completamente expuesta al sol y al viento. Además, un mal diseño hidráulico o agronómico de la parcela, combinado con sistemas de riego poco eficientes, puede ocasionar pérdidas superiores al 60 % del agua.

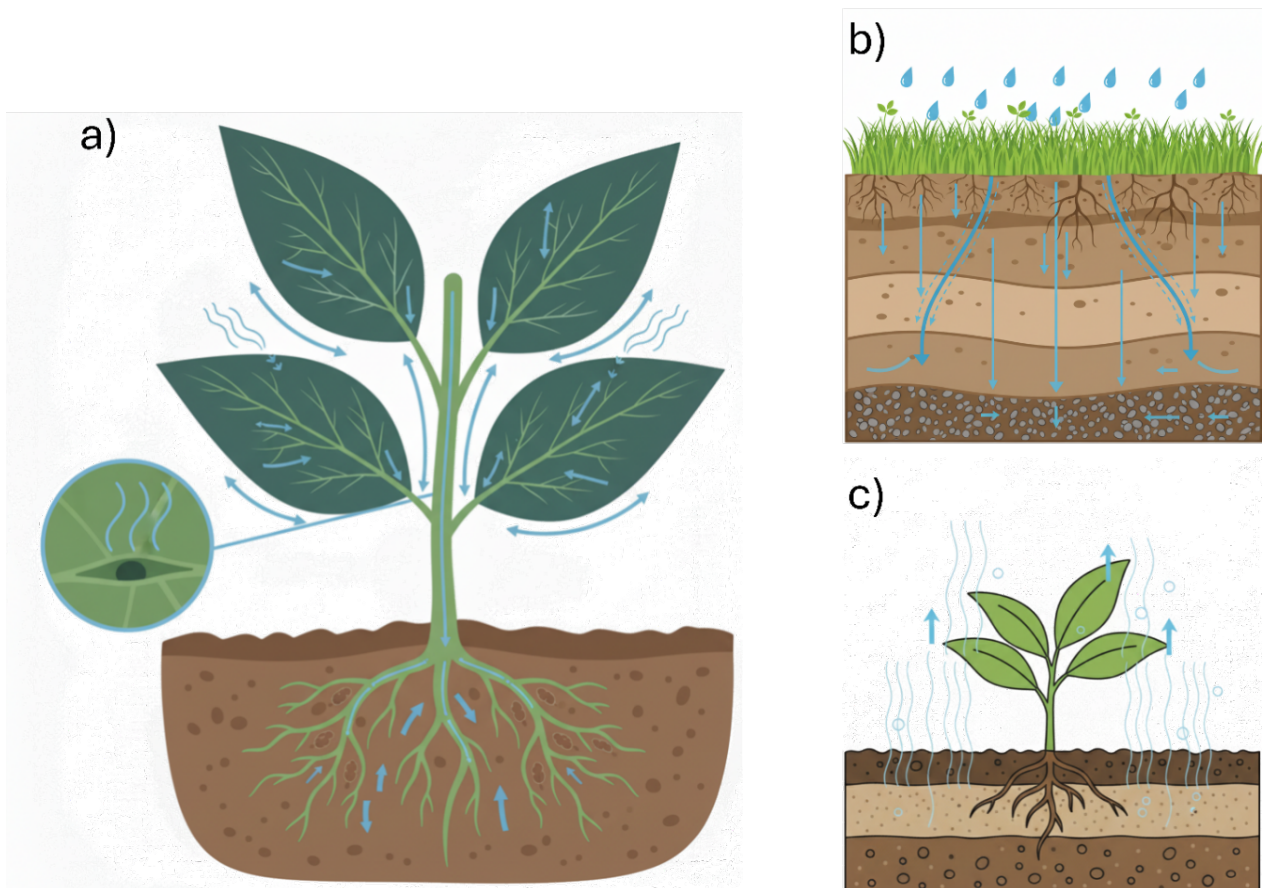


Figura 1. Pérdida de agua en los agroecosistemas. a) Evapotranspiración; b) Percolación y c) Evaporación.

Superhéroes del campo: polímeros superabsorbentes

Para enfrentar la problemática de la pérdida de agua en la agricultura, se han desarrollado moléculas capaces de retener hasta 2000 veces su peso en agua. Es como si un grano de arena pudiera almacenar el equivalente a medio litro de agua. A estas súper moléculas se les llama hidrogeles.

Los hidrogeles son matrices poliméricas reticuladas (es decir, redes estructurales) cuya principal característica es su extraordinaria capacidad para retener agua, además de ser biocompatibles, lo que significa que no resultan tóxicos para los seres vivos.



En palabras más sencillas, son como pequeñas esponjas que cuando se riega o llueve, capturan agua dentro de su estructura y la mantienen disponible para las raíces de las plantas en el momento que la necesitan.

Estos “superhéroes invisibles” pueden fabricarse a partir de materiales sintéticos, como los que encontramos en pinturas, plásticos y cosméticos, pero también a partir de materiales de origen natural como la cáscara de los camarones o la piel y cartílago de mamíferos (Figura 2).

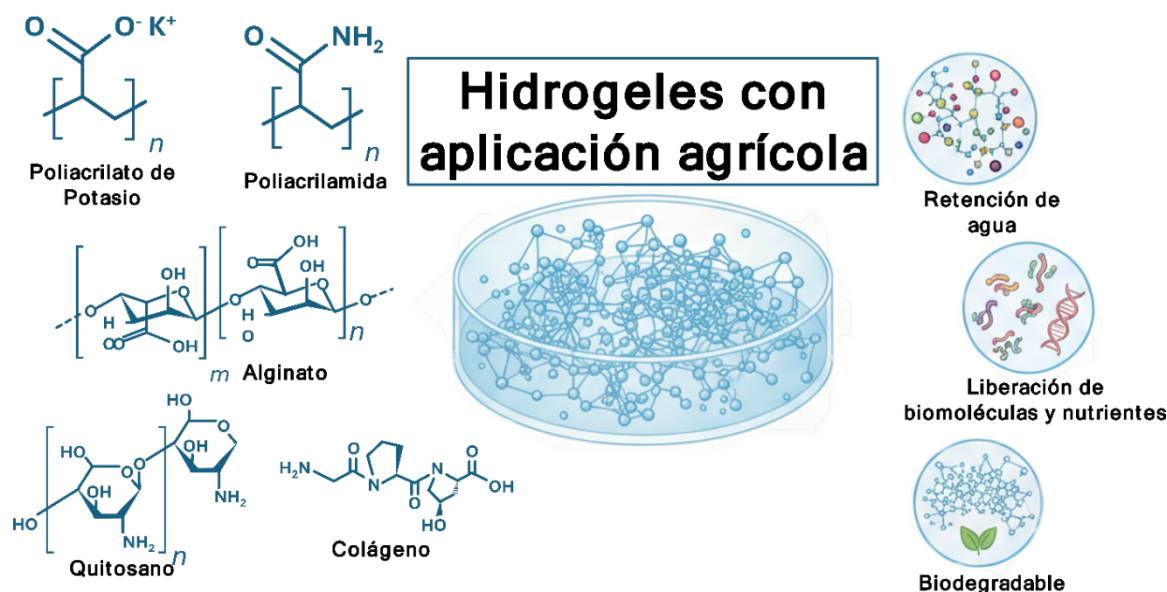
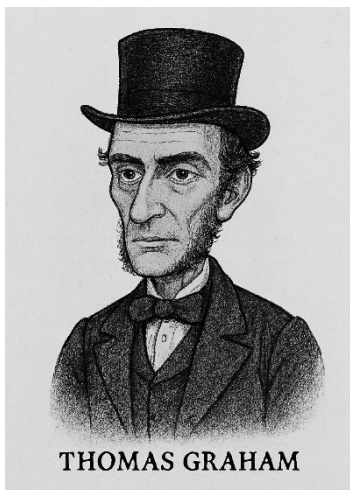


Figura 2. Naturaleza y beneficios de hidrogeles con aplicaciones agrícolas.

De Escocia para el mundo: breve historia de los hidrogeles

El concepto de hidrogel nació en 1864 gracias al científico escocés Thomas Graham



considerado el “Padre de la Química Coloide”. En sus experimentos, Graham observó que sustancias como el ácido silícico hidratado podían comportarse de manera diferente según su concentración: en bajas dosis permanecía líquido, mientras que en altas dosis comenzaba a gelificarse. Fue entonces cuando acuñó el término hidrogel.

Años más tarde, en 1894, el neerlandés Van Bemmelen retomó el concepto para describir la formación de sistemas coloidales en el suelo y su capacidad de retener agua.



Medio siglo después, en 1955, los químicos Wichterle y Lím sintetizaron un polímero pionero (polimetilmetacrilato, PMMA), con propiedades únicas de flexibilidad, estabilidad y retención de agua, que más tarde daría origen a los lentes de contacto.

En la década de los sesenta comenzaron a explorarse aplicaciones más prácticas: primero en el campo de la industria farmacéutica, como sistemas de liberación prolongada de medicamentos, y después en la agricultura, para encapsular agroquímicos. En 1970, el Departamento de Agricultura de Estados Unidos desarrolló el primer polímero super absorbente (SAP, por sus siglas en inglés) a base de acrilonitrilo hidrolizado con injerto de almidón con el propósito de aprovechar sus propiedades de retención de agua.

En la actualidad las moléculas sintéticas más populares comercialmente son el poliacrilato de potasio (KPA) y la poliacrilamida (PAM), en México mejor conocidos como “Lluvia Sólida” por la patente obtenida por el ingeniero Sergio Rico. Paralelamente, han cobrado relevancia los hidrogeles de origen natural, elaborados con almidón, trehalosa, colágeno, alginato o quitosano.



Los hidrogeles ayudan a la sostenibilidad del planeta aprovechando el agua que se podría perder en el trayecto, produciendo alimentos con menos agua.

Los hidrogeles, aliados invisibles en el campo

Aún y por su pequeño tamaño los hidrogeles son capaces de generar grandes impactos positivos en el suelo como (Figura 2):

- Liberación controlada: cuando el suelo comienza a secarse por evaporación o percolación, el potencial hídrico de las raíces se hace más negativo, y como el agua se mueve de donde hay más a donde hay menos, las raíces toman agua del hidrogel.
- Accesibilidad: el agua que está contenida dentro de los hidrogeles es agua disponible para las raíces de las plantas que pueden tomar fácilmente cuando los poros del suelo no poseen agua.



- Estabilidad: tanto los hidrogeles sintéticos como los de origen natural exhiben características de estabilidad ante el ambiente en el que se encuentren en términos de temperatura, humedad, degradación química y enzimática.
- Biodegradable: la mayoría de los hidrogeles tiene un alto índice de biodegradabilidad por la naturaleza de las moléculas que lo componen, incrementando si su composición es de polímeros naturales.

Además, ofrecen las siguientes ventajas para los cultivos:

Aprovechar mejor el agua: el agua que contienen los hidrogeles es más difícil que se pierda por evaporación o percolación porque está retenida dentro de este.

Tolerancia a sequía: debido a este almacén temporal de agua, las raíces de las plantas pueden mitigar su “sed” accediendo al agua que hay dentro de los hidrogeles.

Mejora el suelo: muchas de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo se ven afectadas negativamente cuando sus poros no contienen agua, por lo que la presencia de los hidrogeles ayuda a conservar estas propiedades.

Sostenibilidad: los hidrogeles de origen natural (como el colágeno y el quitosano) son biodegradables por lo que no representan una amenaza de residualidad en el agroecosistema.



Pero, aquí no acaba su belleza, en las últimas dos décadas se han encaminado las investigaciones a funcionalizar los hidrogeles para maximizar sus beneficios a los cultivos. Algunas de las moléculas que se les pueden añadir actúan como bioestimulantes, mejorando su tolerancia al ambiente en donde se desarrollan; la incorporación de aminoácidos, elementos esenciales como el fósforo y elementos benéficos como el silicio son ejemplos de funcionalización. Es ahí de donde

nace la idea de que son sistemas inteligentes, capaces de suministrar lo necesario para el metabolismo óptimo de las plantas (Figura 3).

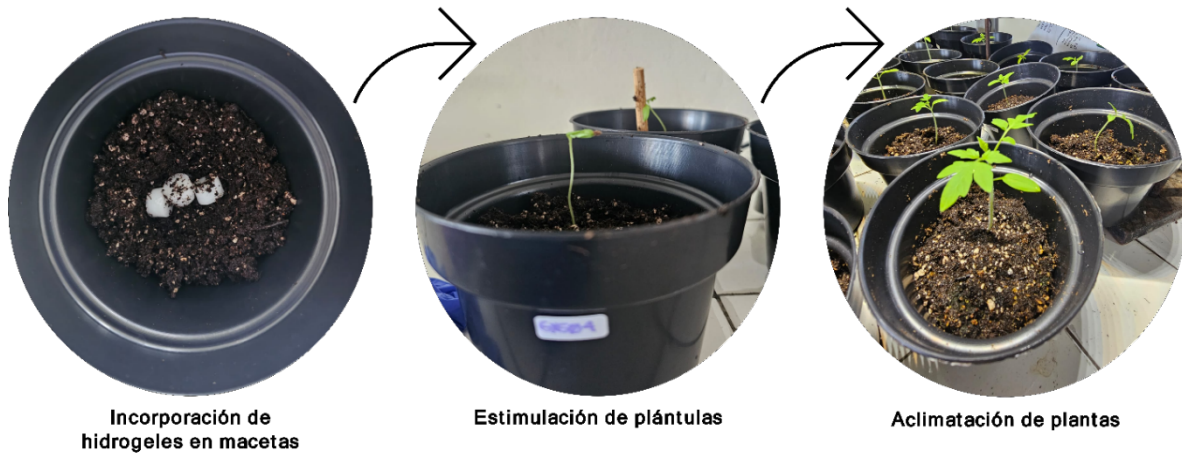


Figura 3. Hidrogel como estrategia para mejorar la disponibilidad de agua en etapas tempranas de cultivo.

Conclusiones

Los hidrogel ayudan a la sostenibilidad del planeta aprovechando el agua que se podría perder en el trayecto, ya que los alimentos pueden ser producidos con menos agua sin mermar la calidad y cantidad. Es una opción viable ante el cambio climático donde cada vez en mayor cantidad de zonas se acentúan los fenómenos naturales como la sequía.

Son una herramienta práctica que combina innovación científica-tecnológica y el cuidado de los recursos naturales. En un mundo cada vez más seco, los hidrogel son una opción para dar de beber a las plantas, garantizando que el agua se aproveche gota a gota.

Literatura recomendada

- Estrada Guerrero, R. F., Lemus Torres, D., Mendoza Anaya, D., & Lugo, V. R. (2010). Hidrogel biopoliméricos potencialmente aplicables en agricultura. *Revista Iberoamericana de Polímeros*, 12(2), 76-87.
- Oladosu, Y., Rafii, M. Y., Arolu, F., Chukwu, S. C., Salisu, M. A., Fagbohun, I. K., Muftaudeen, T. K., Swaray, S., & Haliru, B. S. (2022). Superabsorbent Polymer Hydrogels for Sustainable Agriculture: A Review. *Horticulturae*, 8(7), 605-622.
- Reta Reyna, M. N., Farías Cepeda, L., Ovando Medina, V. M., & Serrato Villegas, L. E. (2025). Aplicación de hidrogel en la agricultura. *CienciAcierta*, 82, 37-48.



Semblanzas de autores

Grecia Daniela Ortiz-Hernández: Doctorando en Ciencias en Agricultura Protegida en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN). Maestra en Ciencias en Agroplasticultura por el Centro de Investigación en Química Aplicada. Ingeniero en Agrobiología por la UAAAN. Línea de investigación encaminada a bioestimulación para tolerancia a estrés hídrico.

Susana González-Morales: Investigadora por México (SECIHTI-UAAAN) desde el 2014 a la fecha. Doctora en Parasitología Agrícola por la UAAAN. Línea de investigación: Búsqueda de estrategias para la tolerancia al estrés en plantas.

Jesús Alejandro Claudio-Rizo: Profesor-Investigador Titular C en la Facultad de Ciencias Químicas de la UAdeC. Doctor en Química por la Universidad de Guanajuato. Investigación aplicada de hidrogeles inteligentes y biomateriales avanzados, con un fuerte enfoque en sus aplicaciones biotecnológicas, especialmente en los campos de la ingeniería tisular, la biomedicina y el tratamiento ambiental.



Envía tus contribuciones científicas a la revista **Terra Latinoamericana**, órgano de difusión de la SOCIEDAD MEXICANA DE LA CIENCIA DEL SUELO, A. C.

Terra Latinoamericana es de publicación continua y publica artículos científicos originales de interés para la comunidad de la ciencia del suelo y agua.

TERRA
Latinoamericana



ISSN Electrónico 2395 - 8030

<https://www.terralatinoamericana.org.mx/index.php/terra>